

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-303574

(43)Date of publication of application : 18.10.2002

(51)Int.Cl.

G01N 21/35
 G01J 1/08
 G01J 3/02
 G02B 7/00
 // G02F 1/35

(21)Application number : 2001-105395

(71)Applicant : TOCHIGI NIKON CORP
 NIKON CORP

(22)Date of filing : 04.04.2001

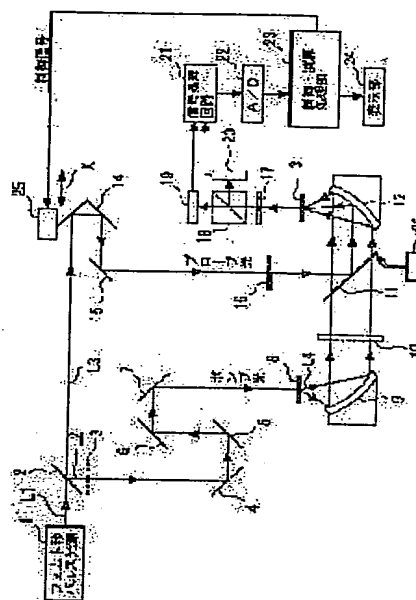
(72)Inventor : USAMI MAMORU

(54) TERAHERTZ OPTICAL DEVICE AND ITS ADJUSTING METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To accurately and easily adjust alignment of a terahertz optical system.

SOLUTION: The terahertz optical system has a terahertz light generator 8, a terahertz light detector 13, and a beam splitter 11 arranged between them, or the like. A rotating mechanism 26 can rotate the beam splitter 11 to a first rotational position (a position shown in Figure 1) of directing probe light to the detector 13 and a second rotational position (a position rotated 90° around an axis perpendicular to the paper surface from the position shown in Figure 1) of directing the probe light to the generator 8. Alignment of a curved mirror 12 and the detector 13 is adjusted so as to converge the probe light on an appropriate position of the detector 13 in the state of the first rotational position. Alignment of a curved mirror 9 and the generator 8 is adjusted so as to converge the probe light on a terahertz pulsed light generating point of the generator 8 in the state of the second rotational position.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2002-303574
(P2002-303574A)

(43) 公開日 平成14年10月18日 (2002. 10. 18)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
G 0 1 N 21/35		G 0 1 N 21/35	Z 2 G 0 2 0
G 0 1 J 1/08		G 0 1 J 1/08	2 G 0 5 9
	3/02	3/02	Z 2 G 0 6 5
G 0 2 B 7/00		G 0 2 B 7/00	A 2 H 0 4 3
// G 0 2 F 1/35		G 0 2 F 1/35	2 K 0 0 2
審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 13 頁)			

(21) 出願番号 特願2001-105395(P2001-105395)

(22) 出願日 平成13年4月4日 (2001. 4. 4)

(71) 出願人 592171153

株式会社栃木ニコン
栃木県大田原市実取770番地

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 宇佐見 護

栃木県大田原市実取770番地 株式会社栃
木ニコン内

(74) 代理人 100096770

弁理士 四宮 通

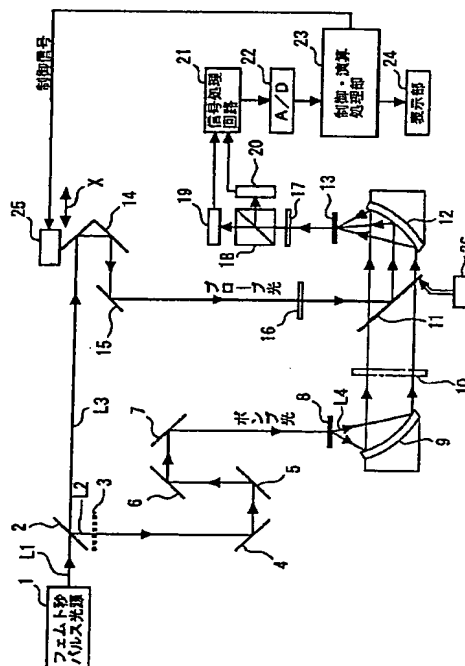
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 テラヘルツ光装置及びこれの調整方法

(57) 【要約】

【課題】 テラヘルツ光学系のアライメントを正確かつ簡単に調整する。

【解決手段】 テラヘルツ光学系は、テラヘルツ光発生器8及びテラヘルツ光検出器13、並びにそれらの間に配置されたビームスプリッタ11等を有する。回転機構26は、プローブ光を検出器13へ向かわせる第1の回転位置（図1に示す位置）、及び、プローブ光を発生器8へ向かわせる第2の回転位置（図1に示す位置から紙面に垂直な軸回りに90°回転した位置）に、ビームスプリッタ11を回転させ得る。第1の回転位置の状態で、プローブ光が検出器13の適切な位置に集光するように、曲面鏡12及び検出器13のアライメントを調整する。第2の回転位置の状態で、プローブ光が発生器8のテラヘルツパルス光発生点に集光するように、曲面鏡9及び発生器8のアライメントを調整する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 テラヘルツ光の発生部と、該発生部から発生して所定の光路を経て到達するテラヘルツ光を検出する検出部と、前記発生部と前記検出部との間の光路上に配置されたビームスプリッタと、を有するテラヘルツ光学系と、

前記検出部によるテラヘルツ光の検出時に、前記ビームスプリッタを介して前記検出部にプローブ光を照射するプローブ光照射部と、

前記ビームスプリッタを、前記プローブ光照射部からの前記プローブ光を前記検出部へ向かわせる第 1 の回転位置、及び、前記プローブ光照射部からの前記プローブ光を前記発生部へ向かわせる第 2 の回転位置に、回転させ得る回転機構と、

を備えたことを特徴とするテラヘルツ光装置。

【請求項 2】 テラヘルツ光の発生部と、該発生部から発生して所定の光路を経て到達するテラヘルツ光を検出する検出部と、前記発生部と前記検出部との間の光路上に配置されたビームスプリッタとを有するテラヘルツ光学系と、

前記検出部によるテラヘルツ光の検出時に、前記ビームスプリッタを介して前記検出部にプローブ光を照射するプローブ光照射部と、

を備えたテラヘルツ光装置の、前記テラヘルツ光学系のアライメントを調整する調整方法であって、

前記ビームスプリッタを、前記プローブ光照射部からの前記プローブ光を前記検出部へ向かわせる第 1 の回転位置、及び、前記プローブ光照射部からの前記プローブ光を前記発生部へ向かわせる第 2 の回転位置に、回転させ得る回転機構を用いて、前記ビームスプリッタを前記第 2 の回転位置に位置させた状態で、前記プローブ光の様子を観察しながら、前記テラヘルツ光学系のアライメントを調整する第 1 の段階と、

前記第 1 の段階の後に、前記回転機構を用いて、前記ビームスプリッタを前記第 1 の回転位置に位置させる第 2 の段階と、

を備えたことを特徴とする調整方法。

【請求項 3】 前記ビームスプリッタを前記第 1 の回転位置に位置させた状態で、前記プローブ光の様子を観察しながら、前記テラヘルツ光学系のアライメントを調整する第 3 の段階を備えたことを特徴とする請求項 2 記載の調整方法。

【請求項 4】 前記第 3 の段階は、前記プローブ光照射部から発して前記検出部の付近に到達する前記プローブ光の様子を観察しながら、前記テラヘルツ光学系のアライメントを調整する段階を含むことを特徴とする請求項 3 記載の調整方法。

【請求項 5】 前記第 3 の段階は、前記プローブ光照射部から発して前記検出部で反射された後に前記ビームスプリッタを介して前記発生部の付近に到達する前記プロ

ーブ光の様子を観察しながら、前記テラヘルツ光学系のアライメントを調整する段階を含むことを特徴とする請求項 3 又は 4 記載の調整方法。

【請求項 6】 前記第 1 の段階は、前記プローブ光照射部から発して前記発生部の付近に到達する前記プローブ光の様子を観察しながら、前記テラヘルツ光学系のアライメントを調整する段階を含むことを特徴とする請求項 2 乃至 5 のいずれかに記載の調整方法。

【請求項 7】 前記第 1 の段階は、前記プローブ光照射部から発して前記発生部で反射された後に前記ビームスプリッタを介して前記検出部の付近に到達する前記プローブ光の様子を観察しながら、前記テラヘルツ光学系のアライメントを調整する段階を含むことを特徴とする請求項 2 乃至 6 のいずれかに記載の調整方法。

【請求項 8】 テラヘルツ光の発生部と、該発生部から発生して所定の光路を経て到達するテラヘルツ光を検出する検出部と、前記発生部と前記検出部との間の光路上に配置されたビームスプリッタとを有するテラヘルツ光学系と、

前記検出部によるテラヘルツ光の検出時に、前記ビームスプリッタを介して前記検出部にプローブ光を照射するプローブ光照射部と、

を備えたテラヘルツ光装置の、前記テラヘルツ光学系のアライメントを調整する調整方法であって、

前記プローブ光照射部から発して前記検出部の付近に到達する前記プローブ光の様子を観察しながら、前記テラヘルツ光学系のアライメントを調整する段階と、

前記プローブ光照射部から発して前記検出部で反射された後に前記ビームスプリッタを介して前記発生部の付近に到達する前記プローブ光の様子を観察しながら、前記テラヘルツ光学系のアライメントを調整する段階と、を備えたことを特徴とする調整方法。

【請求項 9】 テラヘルツ光の発生部と、該発生部から発生して所定の光路を経て到達するテラヘルツ光を検出する検出部と、前記発生部と前記検出部との間の光路上に配置された第 1 のビームスプリッタとを有するテラヘルツ光学系と、

前記検出部によるテラヘルツ光の検出時に、前記第 1 のビームスプリッタを介して前記検出部にプローブ光を照射するプローブ光照射部と、

を備えたテラヘルツ光装置の、前記テラヘルツ光学系のアライメントを調整する調整方法であって、

前記プローブ光の光路上又は前記テラヘルツ光の光路上に第 2 のビームスプリッタを配置して、前記第 2 のビームスプリッタを介して前記発生部へ向かうように調整用の光を入射させ、当該調整用の光の様子を観察しながら、前記テラヘルツ光学系のアライメントを調整する段階を備えたことを特徴とする調整方法。

【請求項 10】 前記段階は、前記発生部で反射された前記調整用の光の様子を観察しながら、前記テラヘルツ

光学系のアライメントを調整する段階を含むことを特徴とする請求項11記載の調整方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、テラヘルツ光装置、及びこれのテラヘルツ光学系のアライメントを調整する調整方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、物質の測定・検査・イメージ化及びその他の種々の分野において、テラヘルツ分光法などのテラヘルツ光の利用技術の有用性が認識されてきており、テラヘルツ光学系を有する種々のテラヘルツ光装置が、既に提供されあるいは新たに開発されようとしている。

【0003】テラヘルツ光は人間の目で見えないのは勿論のこと、現時点ではテラヘルツ光を観察し得る簡便な観察ツールも存在しない。

【0004】そこで、従来、テラヘルツ光学系のアライメントの調整は、ダイポールアンテナなどのテラヘルツ光源をピンホールなどに置き換え、ピンホールに可視光又は近赤外光（多くの場合、ポンプ光そのもの）を通し、その透過光の様子を観察しながら行われていた。すなわち、ピンホールの透過光の光路がテラヘルツ光の光路と同一であるとみなすことにより行われていた。

【0005】なお、可視光の場合は、その照射位置等を肉眼で直接的に観察することが可能である。近赤外光等の場合は、近赤外光に感応して可視光を発光する材料をシート部材に塗布したカード式赤外センサ（例えば、シグマ光機株式会社から市販されている「SIRC-（1）」（商品名））などの簡便な観察ツールを用いることにより、簡単に観察することができる。

【0006】ところが、テラヘルツ光源をピンホールと同じ位置に正確に置き換えることは非常に困難であるため、ピンホールの透過光を基準にしてテラヘルツ光学系のアライメントを調整した後に、ピンホールをテラヘルツ光源に置き換えるだけでは、そのアライメントを正確に調整することはできない。

【0007】そこで、テラヘルツ光学系のアライメントを調整する従来の調整方法では、実際には、ピンホールの透過光を基準にしてアライメントを調整してから、ピンホールをテラヘルツ光源に置き換えた後に、テラヘルツ光の検出信号の強度を測定しつつその強度が高まるように、テラヘルツ光学系のアライメントを再調整して最適化していた。この作業には、テラヘルツ光の検出信号の強度を頼りにテラヘルツ光学系のアライメントを少しずつ変えていく試行錯誤の繰り返しが不可欠であった。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、前記従来の調整方法では、テラヘルツ光学系のアライメントを正確に行うためには、前述した試行錯誤の繰り返しが必要であ

ったので、著しく手数を要していた。

【0009】本発明は、このような事情に鑑みてなされたもので、テラヘルツ光学系のアライメントを正確かつ簡単に調整することができるテラヘルツ光装置を提供することを目的とする。

【0010】また、本発明は、テラヘルツ光学系のアライメントを正確かつ簡単に調整することができる調整方法を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】前記課題を解決するため、本発明の第1の態様によるテラヘルツ光装置は、

（a）テラヘルツ光の発生部と、該発生部から発生して所定の光路を経て到達するテラヘルツ光を検出する検出部と、前記発生部と前記検出部との間の光路上に配置されたビームスプリッタと、を有するテラヘルツ光学系と、（b）前記検出部によるテラヘルツ光の検出時に、前記ビームスプリッタを介して前記検出部にプローブ光を照射するプローブ光照射部と、（c）前記ビームスプリッタを、前記プローブ光照射部からの前記プローブ光を前記検出部へ向かわせる第1の回転位置、及び、前記プローブ光照射部からの前記プローブ光を前記発生部へ向かわせる第2の回転位置に、回転させ得る回転機構と、を備えたものである。

【0012】なお、前記第2の回転位置は、例えば、前記第1の回転位置から90°回転した位置に設定することができる。この点は、後述する第2乃至第7の態様についても同様である。また、前記プローブ光としては、例えば、可視光又は近赤外光を用いることができる。この点は、後述する第2乃至第8の態様についても同様である。

【0013】この第1の態様によれば、前記回転機構を備えているので、例えば、後述する第2乃至第7の態様による調整方法を実現することができ、プローブ光を利用してテラヘルツ光学系のアライメントを調整することができる。そして、回転機構の回転位置の位置決め精度は容易に高めておくことができるので、プローブ光を利用したアライメントの調整後に、前記従来の調整方法で必要であった前述した試行錯誤の繰り返しが大幅に軽減される、または不要となる。したがって、前記第1の態様によれば、テラヘルツ光学系のアライメントを正確かつ簡単に調整することができる。

【0014】本発明の第2の態様による調整方法は、

（a）テラヘルツ光の発生部と、該発生部から発生して所定の光路を経て到達するテラヘルツ光を検出する検出部と、前記発生部と前記検出部との間の光路上に配置されたビームスプリッタとを有するテラヘルツ光学系と、（b）前記検出部によるテラヘルツ光の検出時に、前記ビームスプリッタを介して前記検出部にプローブ光を照射するプローブ光照射部と、を備えたテラヘルツ光装置の、前記テラヘルツ光学系のアライメントを調整する調

整方法である。そして、この第2の態様による調整方法は、(a)前記ビームスプリッタを、前記プローブ光照射部からの前記プローブ光を前記検出部へ向かわせる第1の回転位置、及び、前記プローブ光照射部からの前記プローブ光を前記発生部へ向かわせる第2の回転位置に、回転させ得る回転機構を用いて、前記ビームスプリッタを前記第2の回転位置に位置させた状態で、前記プローブ光の様子を観察しながら、前記テラヘルツ光学系のアライメントを調整する第1の段階と、(c)前記第1の段階の後に、前記回転機構を用いて、前記ビームスプリッタを前記第1の回転位置に位置させる第2の段階と、を備えたものである。

【0015】本発明の第3の態様による調整方法は、前記第2の態様において、前記ビームスプリッタを前記第1の回転位置に位置させた状態で、前記プローブ光の様子を観察しながら、前記テラヘルツ光学系のアライメントを調整する第3の段階を備えたものである。この第3の段階と前記第1及び第2の段階との時間的な前後関係は、何ら限定されるものではない。

【0016】本発明の第4の態様による調整方法は、前記第2の態様において、前記第3の段階は、前記プローブ光照射部から発して前記検出部の付近に到達する前記プローブ光の様子を観察しながら、前記テラヘルツ光学系のアライメントを調整する段階を含むものである。

【0017】本発明の第5の態様による調整方法は、前記第3又は第4の態様において、前記第3の段階は、前記プローブ光照射部から発して前記検出部で反射された後に前記ビームスプリッタを介して前記発生部の付近に到達する前記プローブ光の様子を観察しながら、前記テラヘルツ光学系のアライメントを調整する段階を含むものである。

【0018】本発明の第6の態様による調整方法は、前記第2乃至第5のいずれかの態様において、前記第1の段階は、前記プローブ光照射部から発して前記発生部の付近に到達する前記プローブ光の様子を観察しながら、前記テラヘルツ光学系のアライメントを調整する段階を含むものである。

【0019】本発明の第7の態様による調整方法は、前記第2乃至第6のいずれかの態様において、前記第1の段階は、前記プローブ光照射部から発して前記発生部で反射された後に前記ビームスプリッタを介して前記検出部の付近に到達する前記プローブ光の様子を観察しながら、前記テラヘルツ光学系のアライメントを調整する段階を含むものである。

【0020】前記3乃至第7の態様によれば、プローブ光を利用してテラヘルツ光学系のアライメントを調整することができる。そして、回転機構の回転位置の位置決め精度は容易に高めておくことができるので、プローブ光を利用したアライメントの調整後に、前記従来の調整方法で必要であった前述した試行錯誤の繰り返しが大幅

に軽減される、または不要となる。したがって、前記第3乃至第7の態様によれば、テラヘルツ光学系のアライメントを正確かつ簡単に調整することができる。

【0021】本発明の第8の態様による調整方法は、

(a)テラヘルツ光の発生部と、該発生部から発生して所定の光路を経て到達するテラヘルツ光を検出する検出部と、前記発生部と前記検出部との間の光路上に配置されたビームスプリッタとを有するテラヘルツ光学系と、

(b)前記検出部によるテラヘルツ光の検出時に、前記ビームスプリッタを介して前記検出部にプローブ光を照射するプローブ光照射部と、を備えたテラヘルツ光装置の、前記テラヘルツ光学系のアライメントを調整する調整方法である。そして、この第8の態様による調整方法は、(a)前記プローブ光照射部から発して前記検出部の付近に到達する前記プローブ光の様子を観察しながら、前記テラヘルツ光学系のアライメントを調整する段階と、(b)前記プローブ光照射部から発して前記検出部で反射された後に前記ビームスプリッタを介して前記発生部の付近に到達する前記プローブ光の様子を観察しながら、前記テラヘルツ光学系のアライメントを調整する段階と、を備えたものである。

【0022】この第8の態様では、プローブ光照射部から発して検出部の付近に到達するプローブ光の様子を観察しながら、テラヘルツ光学系のアライメントを調整するだけでなく、プローブ光照射部から発して検出部で反射された後にビームスプリッタを介して前記発生部の付近に到達する前記プローブ光の様子を観察しながら、テラヘルツ光学系のアライメントを調整する。したがって、前記第8の態様によれば、前記ビームスプリッタを回転させる回転機構を用いなくても、プローブ光を利用してテラヘルツ光学系のアライメントを調整することができ、また、前記従来の調整方法で必要であった前述した試行錯誤の繰り返しが大幅に軽減される、または不要となる。このため、前記第8の態様によれば、前記第3乃至第7の態様に比べて、テラヘルツ光学系のアライメントをより正確かつより簡単に調整することができ、しかもテラヘルツ光装置のコストダウンを図ることができる。

【0023】本発明の第9の態様による調整方法は、

(a)テラヘルツ光の発生部と、該発生部から発生して所定の光路を経て到達するテラヘルツ光を検出する検出部と、前記発生部と前記検出部との間の光路上に配置された第1のビームスプリッタとを有するテラヘルツ光学系と、(b)前記検出部によるテラヘルツ光の検出時に、前記第1のビームスプリッタを介して前記検出部にプローブ光を照射するプローブ光照射部と、を備えたテラヘルツ光装置の、前記テラヘルツ光学系のアライメントを調整する調整方法である。そして、この第9の態様による調整方法は、前記プローブ光の光路上又は前記テラヘルツ光の光路上に第2のビームスプリッタを配置し

て、前記第2のビームスプリッタを介して前記発生部へ向かうように調整用の光を入射させ、当該調整用の光の様子を観察しながら、前記テラヘルツ光学系のアライメントを調整する段階を備えたものである。前記調整用の光としては、例えば、可視光又は近赤外光を用いることができる。

【0024】この第9の態様では、プローブ光の光路上又はテラヘルツ光の光路上に配置した第2のビームスプリッタを介してテラヘルツ光の発生部へ向かうように調整用の光を入射させ、当該調整用の光の様子を観察しながら、前記テラヘルツ光学系のアライメントを調整する。したがって、前記第2乃至第7の態様で用いられるような回転機構を用いなくても、外部から導入した調整用の光を利用してテラヘルツ光学系のアライメントを調整することができ、また、前記従来の調整方法で必要であった前述した試行錯誤の繰り返しが大幅に軽減される、または不要となる。このため、前記第9の態様によれば、前記第3乃至第7の態様に比べて、テラヘルツ光学系のアライメントをより正確かつより簡単に調整することができ、しかもテラヘルツ光装置のコストダウンを図ることができる。

【0025】本発明の第10の態様による調整方法は、前記第9の態様において、前記段階は、前記発生部で反射された前記調整用の光の様子を観察しながら、前記テラヘルツ光学系のアライメントを調整する段階を含むものである。

【0026】この第10の態様のように、テラヘルツ光の発生部で反射された調整用の光の様子を観察すると、テラヘルツ光学系の要素のうち、第2のビームスプリッタに対して前記検出部側に位置する要素についても、調整用の光を基準にしてアライメントを調整することができ、好ましい。

【0027】

【発明の実施の形態】以下、本発明によるテラヘルツ光装置及び調整方法について、図面を参照して説明する。

【0028】【第1の実施の形態】

【0029】図1は、本発明の一実施の形態によるテラヘルツ光装置を模式的に示す概略構成図である。

【0030】本実施の形態によるテラヘルツ光装置では、図1に示すように、フェムト秒パルス光源1から放射されたフェムト秒パルス光L1が、ビームスプリッタ2で2つのパルス光L2、L3に分割される。本実施の形態では、フェムト秒パルス光源1は、レーザ光源等からなり、例えば、フェムト秒パルス光L1として、中心波長が近赤外領域のうちの780～800nm程度、パルス幅が10～100fs程度の、直線偏光のパルス光を発する。

【0031】ビームスプリッタ2で分割された一方のパルス光L2は、テラヘルツ光発生器8を励起して発生器8にテラヘルツパルス光を発生させるためのポンプ光

(パルス励起光)となる。このポンプ光L2は、チョッパ3によりチョッピングされた後に、平面反射鏡4～7を経て、テラヘルツ光発生器8へ導かれる。その結果、発生器8が励起されてテラヘルツパルス光L4を放射する。本実施の形態では、発生器8は、テラヘルツパルス光の点状光源となるものが用いられている。例えば、このような発生器8として、GaAs等の基板上の光伝導膜上にダイポールアンテナが形成されたものや、ZnTe等の非線形光学結晶などを、用いることができる。なお、発生器8として非線形光学結晶を用いる場合には、当該結晶に局所的にポンプ光L2を入射させることによって、テラヘルツパルス光の点状光源となり得る。発生器8としてダイポールアンテナを形成したものをを用いる場合には、バイアス電圧を印加しておく。

【0032】発生器8で発生するテラヘルツパルス光L4としては、概ね0.1×10¹²から100×10¹²ヘルツまでの周波数領域の光が望ましい。このテラヘルツパルス光L4は、放物面鏡等の曲面鏡9を経て平行光に変換され、被測定物10及び後述するビームスプリッタ11を透過した後、放物面鏡等の曲面鏡12によってテラヘルツ光検出器13に局所的に集光され、検出器13は点状の検出器として用いられている。本実施の形態では、検出器13として、ZnTe等の非線形光学結晶（電気光学結晶）が用いられている。したがって、検出器13にテラヘルツパルス光が入射すると、その電界により結晶内で電気光学効果によって複屈折変化が生ずる。後述するように、この複屈折変化をプローブ光を用いて検出することにより、テラヘルツパルス光の電場強度が検出される。

【0033】ビームスプリッタ2で分割された他方のパルス光L3は、テラヘルツパルス光を検出するためのプローブ光となる。このプローブ光L3は、2枚もしくは3枚の平面反射鏡が組み合わされてなる可動鏡14、平面反射鏡15、及び1/2波長板16を経て、テラヘルツパルス光の検出時に、ビームスプリッタ11により反射されテラヘルツパルス光と同一の光路に同一の向きに進行するように導かれ、曲面鏡12によって検出器13にテラヘルツパルス光の場合と同じ箇所に局所的に集光される。前記ビームスプリッタ11としては、例えば、ベリクルや高抵抗シリコンウエハなどを用いることができる。高抵抗シリコンウエハは、可視光及び近赤外領域の光の反射率が高く、テラヘルツ領域の光は良く透過するので、本用途に使用可能である。なお、ビームスプリッタ11として高抵抗シリコンウエハを用いた場合には、後述する本発明の第2の実施の形態のようなテラヘルツ光学系のアライメントの調整方法を採用することが好ましい。

【0034】曲面鏡12によって検出器13に集光された直線偏光光であるプローブ光は、検出器13を透過する。その透過光の偏光状態は、テラヘルツパルス光によ

り生じた検出器13の複屈折変化(すなわち、テラヘルツパルス光の電場強度変化)に応じて、楕円偏光に変化する。このとき、テラヘルツパルス光の電場強度の情報は、直線偏光からの差としてプローブ光の偏光状態が担っている。検出器13を透過したプローブ光は、1/4波長板17を透過し、このときテラヘルツパルス光の電場強度の情報は、プローブ光の偏光状態の円偏光からの差に変換され、偏光ビームスプリッタ18によりp偏光成分とs偏光成分とに分離され、これらがフォトダイオード等の光検出器19、20によりそれぞれ検出される。信号処理回路21は、光検出器19、20からの検出信号の差分を増幅する。このように、1/4波長板17、偏光ビームスプリッタ18及び2つの光検出器19、20を用い、光検出器19、20からの検出信号の差分をとると、テラヘルツパルス光の電場強度検出のS/Nが向上し、好ましい。もっとも、前記要素17、18、20を取り除き、検出器13と光検出器19との間に検光子を配置し、光検出器19からの検出信号をテラヘルツ光の検出信号としてもよい。なお、1/2波長板16は、検出器13に入射する際のプローブ光の直線偏光の偏光方向を検出器13の結晶方位及びテラヘルツ光の偏光方向に応じて所定の関係に設定するためのものである。フェムト秒パルス光源1からのパルス光が直線偏光光でない場合は、1/2波長板16に代えて偏光子を用いればよい。

【0035】なお、検出器13として、非線形光学結晶に代えて、例えば、GaAs等の基板上の光伝導膜上にダイポールアンテナが形成されたものを用いることができる。この場合、図1中の要素17~20が取り除かれ、当該検出器で生じた電流を検出する電流計が用いられ、その電流検出信号がテラヘルツ光の電場強度の検出信号として用いられる。

【0036】プローブ光L3の光路上に配置された可動鏡14は、制御・演算処理部23による制御下で、移動機構25により矢印X方向に移動可能となっている。可動鏡14の移動量に応じて、プローブ光L3の光路長が変わり、プローブ光L3が検出器13へ到達する時間が遅延する。すなわち、本実施の形態では、可動鏡14及び移動機構15が、プローブ光L3の時間遅延装置を構成している。

【0037】前述したように、被測定物10を透過したテラヘルツパルス光の電場強度は、検出器13により複素屈折率の変化として検出されて、信号処理回路21からの電気信号に変換される。

【0038】フェムト秒パルス光源1から放射されるフェムト秒パルス光L1の繰り返し周期は、数kHzからMHzオーダーである。したがって、発生器8から放射されるテラヘルツパルス光L4も、数kHzからMHzオーダーの繰り返しで放射される。現在は、このテラヘルツパルス光の波形を瞬時に、その形状のまま計測する

ことは不可能である。

【0039】したがって、本実施の形態では、同じ波形のテラヘルツパルス光L4が数kHzからMHzオーダーの繰り返しで到来することを利用して、ポンプ光L2とプローブ光L3との間に時間遅延を設けてテラヘルツパルス光の波形を計測する、いわゆるポンプ-プローブ法を採用している。すなわち、テラヘルツ光発生器8を作動させるポンプ光L2に対して、テラヘルツ光検出器13を作動させるタイミングを τ 秒だけ遅らせることにより、 τ 秒だけ遅れた時点でのテラヘルツパルス光の電場強度を測定できる。言い換えれば、プローブパルスL3は、テラヘルツ光検出器13に対してゲートをかけていることになる。また、可動鏡9を徐々に移動させることは、遅延時間 τ を徐々に変えることにほかならない。前記時間遅延装置によってゲートをかけるタイミングをずらしながら、繰り返し到来するテラヘルツパルス光の各遅延時間 τ ごとの時点の電場強度を信号処理回路21から電気信号として順次得ることによって、テラヘルツパルス光の電場強度の時系列波形 $E(t)$ を計測することができる。信号処理回路23からの電気信号は、A/D変換器22によりA/D変換される。

【0040】本実施の形態では、テラヘルツパルス光の電場強度の時系列波形 $E(t)$ の計測時には、制御・演算処理部23が、移動機構25に制御信号を与えて、前記遅延時間 τ を徐々に変化させながら、A/D変換器22からのデータを制御・演算処理部23内の図示しないメモリに順次格納する。これによって、最終的に、テラヘルツパルス光の電場強度の時系列波形 $E(t)$ を示すデータ全体をメモリに格納する。このような時系列波形 $E(t)$ を示すデータを、被測定物10を図1に示す位置に配置した場合と配置しない場合について取得する。制御・演算処理部23は、これらのデータに基づいて、被測定物の所望の特性を求め、これをCRT等の表示部24に表示させる。例えば、制御・演算処理部23は、公知の手法(デュヴィラレットら(Lionel DuVillaret, Frederic Garet, and Jean-Louis Coutaz)の論文("A Reliable Method for Extraction of Material Parameters in Terahertz Time-Domain Spectroscopy", IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics, Vol.2, No.3, pp.739-746 (1996))によって、被測定物10の複素屈折率を演算し、これを表示部24に表示させる。

【0041】本実施の形態では、被測定物10の所定の領域に平行光のテラヘルツパルス光を照射し、その透過光を検出器13に局所的に集光しているため、被測定物10のテラヘルツパルス光照射範囲の平均の複素屈折率等の特性が得られる。被測定物10の局所的な複素屈折率等の特性を得る場合には、例えば、曲面鏡9と被測定物10との間に、平行光のテラヘルツ光を被測定物10に局所的に集光させる集光レンズを設け、被測定物10

とビームスプリッタ11との間に、被測定物10を透過した光を再び平行光にするコリメータレンズを設ければよい。

【0042】以上の説明からわかるように、本実施の形態では、発生器8及び検出器13、並びにこれらの間の要素9、11、12が、テラヘルツ光学系を構成している。前述したように集光レンズやコリメータレンズを設ける場合には、これらもテラヘルツ光学系に含まれることは言うまでもない。

【0043】前述した動作・機能を十分に発揮するためには、このテラヘルツ光学系のアライメントを正確に行う必要がある。本実施の形態では、そのための機構として、以下に説明する回転機構26が設けられている。

【0044】本実施の形態では、ビームスプリッタ11は、発生器8と検出器13との間において、テラヘルツパルス光が平行光となる光路上に配置されている。そして、本実施の形態によるテラヘルツ光装置は、ビームスプリッタ11を、1/2波長板16を透過したプローブ光を検出器13へ向かわせる第1の回転位置（テラヘルツパルス光の平行光の光路に対して+45°傾いた図1及び後述する図2に示す位置）、及び、1/2波長板16を透過したプローブ光を発生器9へ向かわせる第2の回転位置（図1中の紙面に垂直な軸回りに、図1に示す状態に対して90°回転した位置であり、テラヘルツパルス光の平行光の光路に対して-45°傾いた位置であり、後述する図3に示す位置）に、回転させ得る回転機構26を、備えている。前述したテラヘルツ光検出時の動作の説明では、ビームスプリッタが前記第1の回転位置に位置しているものとして説明した。この回転機構26としては、周知の種々の機構を採用し得るが、前記第1及び第2の回転位置の位置決め精度を高めることは容易である。

【0045】本実施の形態では、この回転機構26を有していることによって、例えば、後述する本発明の第2及び第3の実施の形態のようなテラヘルツ光学系のアライメントの調整方法が可能となる。

【0046】それらの調整方法の説明に先立って、図2及び図3を参照して、ビームスプリッタ11の各回転位置におけるプローブ光の様子について説明する。図2及び図3において、図1中の要素と同一の要素には、同一の符号を付している。図2及び図3において、プローブ光の光路は実線で示し、テラヘルツパルス光の光路は破線で示している。なお、図2及び図3は、テラヘルツ光学系のアライメントの調整が既に正確に行われた状態を示している。

【0047】図2は、ビームスプリッタ11が前記第1の回転位置に位置している場合における、図1中のテラヘルツ光学系でのプローブ光の様子を示す図である。図2(a)はプローブ光がビームスプリッタ11に入射してから検出器13に入射するまでの様子を示している。

図2(b)は、図2(a)の後に検出器13で反射してから発生器8に入射するまでの様子を示している。

【0048】ビームスプリッタ11が前記第1の回転位置に位置している場合、図2(a)に示すように、図1中の1/2波長板16を透過してビームスプリッタ11で反射されたプローブ光は、テラヘルツパルス光と同じ光路で、曲面鏡12により反射されて、検出器13のテラヘルツパルス光集光点に集光される。この集光されたプローブ光のうちの一定の割合の光は、図2(b)に示すように、この集光点で反射され、検出器13に入射する際と同じ光路を逆向きに進行してビームスプリッタ11に戻る。ビームスプリッタ11に戻ったプローブ光のうち一定の割合の光は、ビームスプリッタ11をそのまま透過し、曲面鏡9で反射されて発生器8におけるテラヘルツパルス光発生点に集光される。すなわち、検出器13で反射されたプローブ光は、図2(b)に示すように、テラヘルツパルス光の光路と同一の光路上をテラヘルツ光と逆向きに進行して、発生器8におけるテラヘルツパルス光発生点に集光される。発生器8付近に到達した際のプローブ光の光量は、検出器13での反射率及びビームスプリッタ11の透過率等の影響を余分に受けるため、検出器13付近に到達した際のプローブ光の光量に比べると、少なくなる。

【0049】図3は、ビームスプリッタ11が前記第2の回転位置に位置している場合における、図1中のテラヘルツ光学系でのプローブ光の様子を示す図である。図3(a)はプローブ光がビームスプリッタ11に入射してから発生器8に入射するまでの様子を示している。図3(b)は、図3(a)の後に発生器8で反射してから検出器13に入射するまでの様子を示している。

【0050】ビームスプリッタ11が前記第2の回転位置に位置している場合、図3(a)に示すように、図1中の1/2波長板16を透過してビームスプリッタ11で反射されたプローブ光は、テラヘルツパルス光と同じ光路で、テラヘルツパルス光と逆向きに進行して、曲面鏡9により反射されて、発生器8のテラヘルツパルス光発生点に集光される。この集光されたプローブ光のうちの一定の割合の光は、図3(b)に示すように、この集光点で反射され、発生器8に入射する際と同じ光路を逆向きに進行してビームスプリッタ11に戻る。ビームスプリッタ11に戻ったプローブ光のうち一定の割合の光は、ビームスプリッタ11をそのまま透過し、曲面鏡12で反射されて、検出器13のテラヘルツパルス光集光点に集光される。検出器13付近に到達した際のプローブ光の光量は、発生器8での反射率及びビームスプリッタ11の透過率等の影響を余分に受けるため、発生器8付近に到達した際のプローブ光の光量に比べると、低くなる。

【0051】なお、図2(b)の状況は、検出器13がプローブ光を一定の割合で反射させる特性（以下、説明

の便宜上、「プローブ光反射特性」という。)を有することが前提となり、図3(b)の状況は、発生器8がプローブ光反射特性を有することが前提となるが、検出器13及び発生器8は通常はプローブ光反射特性を有している。例えば、検出器13及び発生器8が、前述したように、非線形光学結晶や、ダイポールアンテナを形成したものであれば、プローブ光反射特性を持つ。図2

(b)の状況や図3(b)の状況のプローブ光を、アライメント調整に利用する場合には、必要に応じて、検出器13や発生器8の表面を光学研磨するなどによって、プローブ光の反射率が高まるようにしておくことが好ましい。一方、図2(a)の状況や図3(a)の状況では、検出器13及び発生器8のプローブ光反射特性の有無は問われない。

【0052】また、アライメント調整時にプローブ光の観察を一層容易にするべくプローブ光の強度を高めた場合などには、テラヘルツパルス光の電界強度の測定時には、必要に応じて、図2(b)に示すプローブ光の反射光がその測定に影響を与えないように、NDフィルタなどでプローブ光の強度を落とすことが好ましい。

【0053】なお、前記第1の実施の形態では、プローブ光として近赤外光が用いられているので、プローブ光の観察は、前述したカード式赤外センサなどの観察ツールを用いることにより、簡単に行うことができる。もっとも、前記第1の実施の形態において、フェムト秒パルス光源1から可視光を発するようにし、プローブ光として可視光を用いることも可能である。この場合には、観察ツールを用いることなしに、検出器13や発生器8に対するプローブ光の照射位置を肉眼で観察することにより、プローブ光の様子を観察することも可能となる。

【0054】【第2の実施の形態】

【0055】次に、前記第1の実施の形態によるテラヘルツ光装置の前記テラヘルツ光学系のアライメントの調整方法の一例を、本発明の第2の実施の形態として説明する。

【0056】本実施の形態では、まず、ビームスプリッタ11が前記第1の回転位置に位置している状態で、検出器13の付近に到達するプローブ光の様子を前記カード式赤外センサ等を用いて観察しながら(図2(a)参照)、プローブ光が検出器13の適切な位置に集光するように、テラヘルツ光学系のうちビームスプリッタ11より検出器13側の要素、すなわち、曲面鏡12及び検出器13のアライメントを調整する。

【0057】次に、回転機構26により、ビームスプリッタ11を前記第2の回転位置に位置させる。この状態で、発生器8の付近に到達するプローブ光の様子を前記カード式赤外センサ等を用いて観察しながら(図3(a)参照)、プローブ光が発生器8のテラヘルツパルス光発生点に集光するように、テラヘルツ光学系のうちビームスプリッタ11より発生器8側の要素、すなわ

ち、曲面鏡9及び発生器8のアライメントを調整する。

【0058】最後に、回転機構26により、ビームスプリッタ11を前記第1の回転位置に位置させる。

【0059】これにより、テラヘルツ光発生器8で発生したテラヘルツパルス光は、全て有効にテラヘルツ検出器13に到達し得る。

【0060】本実施の形態によれば、プローブ光を利用してテラヘルツ光学系のアライメントを調整することができる。そして、回転機構26の回転位置の位置決め精度は容易に高めておくことができるので、プローブ光を利用したアライメントの調整後に、前記従来の調整方法で必要であった前述した試行錯誤の繰り返しが大幅に軽減される、または不要となる。したがって、本実施の形態によれば、テラヘルツ光学系のアライメントを正確かつ簡単に調整することができる。

【0061】さらに、本実施の形態によれば、図2

(a)及び図3(a)の状況のプローブ光を観察することから、プローブ光の強度を特別に高めることなくプローブ光を容易に観察することができるとともに、発生器8及び検出器13がプローブ光反射特性を有していない場合であっても、テラヘルツ光学系のアライメントを調整することができる。

【0062】なお、第1の回転位置での曲面鏡12及び検出器13のアライメント調整段階と、第2の回転位置での曲面鏡9及び発生器8のアライメント調整段階とは、順番を入れ替えてもよい。すなわち、(1)最初に、ビームスプリッタ11を第2の回転位置に位置させた状態で、発生器8の付近に到達するプローブ光の様子を観察しながら(図3(a)参照)、曲面鏡9及び発生器8のアライメントを調整し、(2)次に、回転機構26によりビームスプリッタ11を第1の回転位置に位置させ、(3)その状態で、検出器13の付近に到達するプローブ光の様子を観察しながら(図2(a)参照)、曲面鏡12及び検出器13のアライメントを調整してもよい。この場合であっても、本実施の形態と同様の利点が得られる。

【0063】【第3の実施の形態】

【0064】次に、前記第1の実施の形態によるテラヘルツ光装置の前記テラヘルツ光学系のアライメントの調整方法の他の一例を、本発明の第3の実施の形態として説明する。

【0065】本実施の形態では、まず、ビームスプリッタ11が前記第2の回転位置に位置している状態で、発生器8の付近に到達するプローブ光の様子を前記カード式赤外センサ等を用いて観察しながら(図3(a)参照)、プローブ光が発生器8のテラヘルツパルス光発生点に集光するように、テラヘルツ光学系のうちビームスプリッタ11より発生器8側の要素、すなわち、曲面鏡9及び発生器8のアライメントを調整する。

【0066】次に、ビームスプリッタ11が前記第2の回転位置に位置している状態で、発生器8で反射してから検出器13の付近に到達するプローブ光の様子を前記カード式赤外センサ等を用いて観察しながら（図3

（b）参照）、プローブ光が検出器13の適切な位置に集光するように、テラヘルツ光学系のうちビームスプリッタ11より検出器13側の要素、すなわち、曲面鏡12及び検出器13のアライメントを調整する。

【0067】最後に、回転機構26により、ビームスプリッタ11を前記第1の回転位置に位置させる。

【0068】これにより、テラヘルツ光発生器8で発生したテラヘルツパルス光は、全て有効にテラヘルツ検出器13に到達し得る。

【0069】本実施の形態によれば、前記第2の実施の形態と同様に、テラヘルツ光学系のアライメントを正確かつ簡単に調整することができる。

【0070】〔第4の実施の形態〕

【0071】次に、前記第1の実施の形態によるテラヘルツ光装置の前記テラヘルツ光学系のアライメントの調整方法の更に他の一例を、本発明の第4の実施の形態として説明する。

【0072】本実施の形態では、まず、ビームスプリッタ11が前記第1の回転位置に位置している状態で、検出器13の付近に到達するプローブ光の様子を前記カード式赤外センサ等を用いて観察しながら（図2（a）参照）、プローブ光が検出器13の適切な位置に集光するように、テラヘルツ光学系のうちビームスプリッタ11より検出器13側の要素、すなわち、曲面鏡12及び検出器13のアライメントを調整する。

【0073】次に、ビームスプリッタ11が前記第1の回転位置に位置している状態で、検出器13で反射してから発生器8の付近に到達するプローブ光の様子を前記カード式赤外センサ等を用いて観察しながら（図2

（b）参照）、プローブ光が発生器8のテラヘルツパルス光発生点に集光するように、テラヘルツ光学系のうちビームスプリッタ11より発生器8側の要素、すなわち、曲面鏡9及び発生器8のアライメントを調整する。

【0074】これにより、テラヘルツ光発生器8で発生したテラヘルツパルス光は、全て有効にテラヘルツ検出器13に到達し得る。

【0075】本実施の形態によれば、前記第2の実施の形態と同様に、テラヘルツ光学系のアライメントを正確かつ簡単に調整することができる。しかも、本実施の形態によれば、ビームスプリッタ11を前記第2の回転位置に位置させる必要がないので、前記第2及び第3の実施の形態に比べて、テラヘルツ光学系のアライメントをより正確かつより簡単に調整することができる。

【0076】ところで、本実施の形態では、ビームスプリッタ11を前記第2の回転位置に位置させる必要がないので、前記第1の実施の形態によるテラヘルツ光装置

において、回転機構26を取り除いておいてもよい。本実施の形態によれば、回転機構26を有していないテラヘルツ光装置のテラヘルツ光学系のアライメントも、調整することができる。

【0077】〔第5の実施の形態〕

【0078】次に、本発明の第5の実施の形態によるアライメント調整方法を、調整対象のテラヘルツ光装置が図4に示すものである場合を例に挙げて、説明する。

【0079】図4は、テラヘルツ光装置の他の例を模式的に示す概略構成図である。図4において、図1中の要素と同一又は対応する要素には同一符号を付し、その重複する説明は省略する。

【0080】図4に示すテラヘルツ光装置が図1に示すテラヘルツ光装置と異なる所は、主に、以下に説明する点である。

【0081】図4に示すテラヘルツ光装置では、プローブ光が、ビームエキスパンダ30でテラヘルツパルス光の断面に合わせて拡張され、偏光子31を通過した後、ビームスプリッタ11に入射される。また、図1中の曲面鏡12が取り除かれ、ビームスプリッタ11を透過したテラヘルツパルス光及びビームスプリッタ11で反射されたプローブ光が、集光されることなくそのまま、テラヘルツ光検出器13としての非線形光学結晶（電気光学結晶）に入射される。これにより、検出器13が面状の検出器として用いられている。さらに、検出器13を透過したプローブ光は、検光子32で検光された後に、2次元CCDカメラ33により光強度分布が検出される。前記光強度分布を示す2次元CCDカメラ33からの画像信号は、A/D変換器22でA/D変換された後に、制御・演算処理部23に取り込まれる。すなわち、テラヘルツパルス光の電場強度の分布（各部位ごとの電場強度）が、一括してデータとして制御・演算処理部23に取り込まれる。

【0082】制御・演算処理部23は、移動機構25を制御して可動鏡9を徐々に移動させて、各遅延時間（プローブ光のテラヘルツパルス光に対する遅延時間） τ ごとの時点のテラヘルツパルス光の電場強度の分布を順次得ることによって、各部位ごとのテラヘルツパルス光の電場強度の時系列波形 $E(t)$ を取得する。このような各部位ごとの時系列波形 $E(t)$ を示すデータを、被測定物10を図4に示す位置に配置した場合と配置しない場合について取得する。制御・演算処理部23は、これらのデータに基づいて、被測定物の各部位ごとの所望の特性（すなわち、所望の特性の分布）を求め、これをCRT等の表示部24に画像として表示させる。

【0083】以上の説明からわかるように、本実施の形態では、発生器8及び検出器13、並びにこれらの間の要素9、11が、テラヘルツ光学系を構成している。

【0084】本実施の形態による調整方法では、前記プローブ光の光路上又は前記テラヘルツ光の光路上にビー

ムスプリッタ34を配置して、ビームスプリッタ34を介して発生部8へ向かうように調整用の光を入射させ、当該調整用の光の様子を観察しながら、前記テラヘルツ光学系のアライメントを調整する。

【0085】例えば、図4に示すように、前記プローブ光の光路上にある検光子32とCCDカメラ33との間にビームスプリッタ34を配置して、可視光又は近赤外光などの調整用の光を調整用光照射部35からビームスプリッタ34を照射し、ビームスプリッタ34を介してプローブ光と同じ光路上をプローブ光とは逆向きに（すなわち、発生器8へ向かうように）進行させる。

【0086】テラヘルツ光学系のアライメントの調整が既に正確に行われているとすれば、この調整用の光は、検光子32、検出器13、ビームスプリッタ11を透過した後、曲面鏡9で反射されて、発生器8のテラヘルツパルス光発生点に集光され、ここで反射される。この反射光は、テラヘルツパルス光と全く同じ光路を進行して検出器13に到達し、検出器13、検光子32及びビームスプリッタ34を透過してCCDカメラ33に到達する。

【0087】したがって、調整用光照射部35から調整用の光をビームスプリッタ34を介して前述したように入射させ、例えば、CCDカメラ33の付近の調整用の光の様子を観察しながら、調整用の光がCCDカメラ33を適切に照射するように、テラヘルツ光学系のアライメントを調整すれば、そのアライメントを正確に調整することができる。このとき、調整用の光の様子の観察は、CCDカメラ33を作動させてCCDカメラから得られた画像を表示部24に表示させてこの画像を見ることによって行ってもよいし、前記カード式赤外センサ等を用いて行ってもよい。なお、発生器8の付近に到達するプローブ光の様子を前記カード式赤外センサ等を用いて観察しながら、調整用の光が発生器8のテラヘルツパルス光発生点に集光するように、曲面鏡9及び発生器8のアライメントを調整してもよい。

【0088】アライメントの調整が完了した後は、調整用光照射部35及びビームスプリッタ34を、テラヘルツ光装置から取り除いておくことが好ましい。

【0089】なお、ビームスプリッタ34を挿入する位置は、検光子32とCCDカメラ33との間の位置に限定されるものではなく、例えば、カメラ33と曲面鏡9との間の任意の位置であってもよい。

【0090】本実施の形態によれば、図1中の回転機構26に相当する回転機構を用いなくても、外部から導入した調整用の光を利用してテラヘルツ光学系のアライメントを調整することができ、また、前記従来の調整方法で必要であった前述した試行錯誤の繰り返しが大幅に軽減される、または不要となる。このため、本実施の形態によれば、前記第2及び第3の実施の形態に比べて、テラヘルツ光学系のアライメントをより正確かつより簡単

に調整することができ、しかもテラヘルツ光装置のコストダウンを図ることができる。

【0091】以上、本発明の各実施の形態について説明したが、本発明はこれらの実施の形態に限定されるものではない。

【0092】例えば、前記第5の実施の形態は、図4に示すテラヘルツ光装置を図5に示すように変形したテラヘルツ光装置や、図4に示すテラヘルツ光装置を図6に示すように変形したテラヘルツ光装置の、テラヘルツ光学系のアライメントの調整にも適用することができる。

【0093】図5及び図6は、テラヘルツ光装置の各例を要部をそれぞれ模式的に示す概略構成図である。図5及び図6において、図4中の要素と同一又は対応する要素には同一符号を付している。

【0094】図5に示すテラヘルツ光装置が図4に示すテラヘルツ光装置と異なる所は、曲面鏡9が取り除かれ、テラヘルツ光発生器8として面状の発生器（例えば、非線形光学結晶や、プディオルト、マーゴリーズ、ジェオング、ソン及びボコー（E. Budiarto, J. Margolis, S. Jeong, J. Son and J. Bokor）の論文（“High-Intensity Terahertz Pulses at 1-kHz Repetition Rate”, IEEE Journal of Quantum Electronics, Vol. 32, No. 10, pp1839-1846 (1996)）に開示されているような、大口径の光スイッチ素子を形成したもの）が用いられ、ポンプ光がビームエキスパンダ40で拡大された後に発生器8に入射されている点のみである。なお、発生器8から発生したテラヘルツパルス光は完全な平行光ではないので、必要に応じて、発生器8の直後に、発生器8から間隔をあけて凸レンズを配置する場合がある。前記間隔は凸レンズの焦点距離とされる。この場合であっても、前記第5の実施の形態の調整方法を適用することができる。

【0095】図6に示すテラヘルツ光装置が図4に示すテラヘルツ光装置と異なる所は、曲面鏡9が取り除かれ、テラヘルツ光発生器8として反射型の面状の発生器であるInAsなどの半導体を用いられ、ポンプ光がビームエキスパンダ41で拡大された後に発生器8に入射され、ポンプ光を遮光してテラヘルツパルス光を選択的に透過させるフィルタとして作用するシリコンウエハ42が追加されている点のみである。

【0096】また、前記第5の実施の形態は、図1に示すテラヘルツ光装置のテラヘルツ光学系のアライメントの調整にも適用することができる。さらに、前記第2及び第3の実施の形態は、図4乃至図6にそれぞれ示すテラヘルツ光装置に回転機構26を設けておけば、これらのテラヘルツ光装置のテラヘルツ光学系のアライメントの調整にも適用することができる。前記第4の実施の形態は、回転機構を追加しなくても、図4乃至図6にそれぞれ示すテラヘルツ光装置のテラヘルツ光学系のアライメントの調整にも適用することができる。

【0097】以上の説明からもわかるように、前記第2乃至第5の実施の形態による調整方法は、テラヘルツ光発生器が点状の発生器であるか面状の発生器であるかを問わず、また、テラヘルツ光検出器が点状の検出器であるか面状の検出器であるかを問わず、種々のテラヘルツ光学系のアライメントの調整に適用することができる。

【0098】なお、本発明による調整方法が適用されるテラヘルツ光装置のテラヘルツ光学系は、(1)テラヘルツ光が透過する透過要素(例えば、透過型レンズ)を含んでいない(すなわち、テラヘルツ光発生器及びテラヘルツ光検出器以外については、テラヘルツ光を反射させる反射要素(例えば、平面鏡や曲面鏡などのミラー)のみで構成されている)ものであるか、あるいは、

(2)テラヘルツ光が透過する透過要素を含んでいる場合には、当該透過要素がテラヘルツ光及びプローブ光(あるいは調整用の光)に対して略々等しい屈折率を有する材料(TPX(これの屈折率は、テラヘルツ光及び可視・赤外光に対して略々等しい。))などで構成されたものであることが、好ましい。

【0099】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、テラヘルツ光学系のアライメントを正確かつ簡単に調整することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は、本発明の一実施の形態によるテラヘルツ光装置を模式的に示す概略構成図である。

【図2】ビームスプリッタが第1の回転位置に位置している場合における、図1中のテラヘルツ光学系でのプローブ光の様子を示す図である。

【図3】ビームスプリッタが第2の回転位置に位置している場合における、図1中のテラヘルツ光学系でのプローブ光の様子を示す図である。

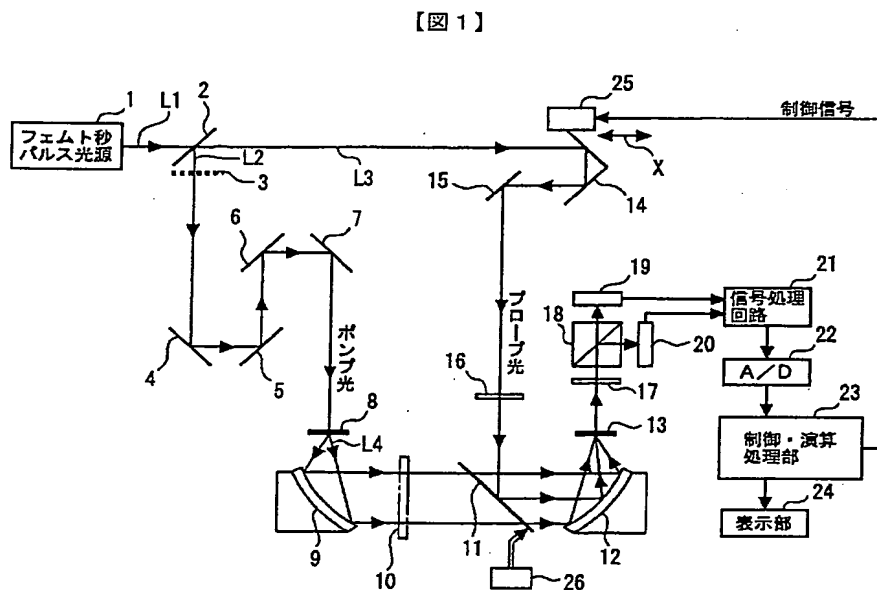
【図4】テラヘルツ光装置の他の例を模式的に示す概略構成図である。

【図5】テラヘルツ光装置の更に他の例の要部を模式的に示す概略構成図である。

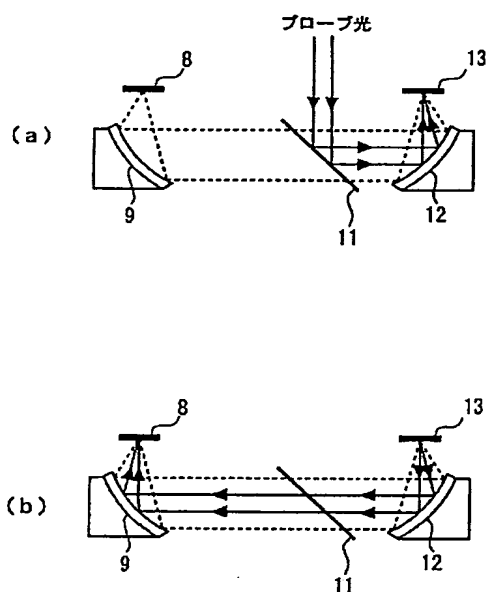
【図6】テラヘルツ光装置の更に他の例の要部を模式的に示す概略構成図である。

【符号の説明】

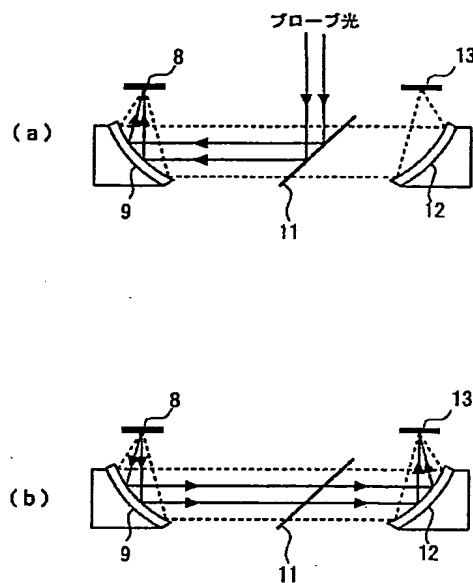
- 8 テラヘルツ光発生器(発生器)
- 9, 12 曲面鏡
- 10 被測定物
- 11 ビームスプリッタ
- 13 テラヘルツ光検出器(検出器)
- 26 回転機構
- 35 調整用光照射部
- 34 ビームスプリッタ



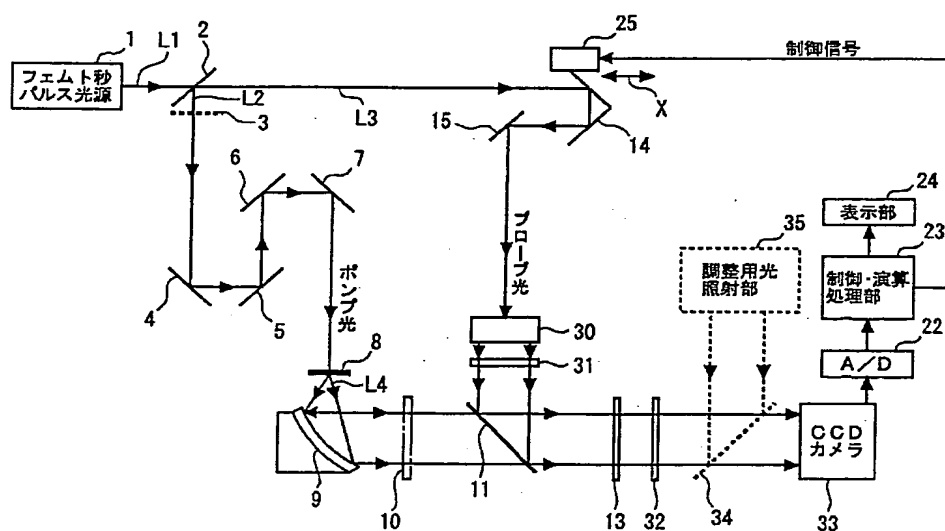
【図 2】



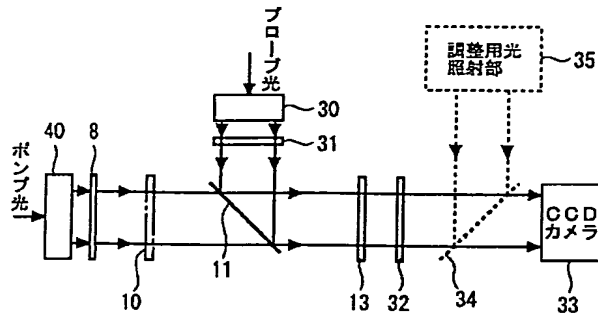
【図 3】



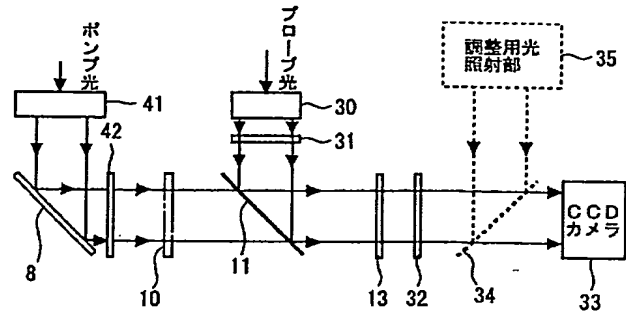
【図 4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2G020 AA03 BA17 BA20 CB27 CB42
CB54
2G059 AA01 AA05 EE01 EE05 GG01
GG04 GG08 HH01 HH06 JJ13
JJ14 JJ15 JJ19 JJ20 JJ22
JJ24 KK01 KK03 KK04 MM01
MM03 MM08 MM09 MM10 PP04
2G065 AB02 AB03 AB09 AB10 AB16
AB23 BA09 BB14 BB24 BB32
BB33 BB44 BB48 BC13 BC15
BC22 BC28 BC33 BC35 BD03
DA05 DA15
2H043 AA04 AA09 AA17 AA19 AA24
2K002 AA04 AB18 BA02 BA03 CA13
DA04 HA13